陸

作物遺傳資源與數位育種

一 作物種原庫系統維護及種原保存與利用

蕭翌柱、邱輝龍、魏趨閒、曾馨儀、黃群哲、林延諭、
蕭閔建、陳述

持續維護作物種原資訊系統軟、硬體等設備正常運作，並進行作物種原蒐集與開發利用。作物種原資料庫累積基本資料量99,301筆、特性資料43,548筆及種原影像資料35,489筆以上。提供種原資訊查詢服務18件，計42種作物、1,214筆資料；服務對象包括臺灣大學、高雄區農業改良場及農友種苗公司等。目前田間保存臺灣芭蕉、臺灣山枇杷與臺灣梭羅木等原生作物野生近緣種原260份。運用組織培養技術保存甘藷、山藥、馬鈴薯、草莓及綬草等種原、合計387個品種 (系)；另進行山藥種原性狀調查作業 (圖6–1)。作物種原庫設有長、中及短期庫，長年低溫保存各項作物種原103,020份、77,923個品種 (系)。其他成果尚有出版甘藷種原圖說 (二) 電子書1冊；種原分贈國內各研究單位1,545份，包含小米、甘藍及甜瓜等作物；收集種原材料3,650份，包含番茄、綠豆、大豆及茄子等作物；接待參訪作物種原庫來賓8批、163人次，包括中興大學生物學系、AVRDC丹麥學者及臺灣大學森林環境暨資源學系。

圖6–1. 山藥種原馴化移植及田間栽培情形

DOI: 10.29572/TARIAR.202603_114.0006

二 次世代農林種原方舟–永續保存及產業調適應用

曾馨儀、黃群哲、林延諭、蕭閔建、陳述

為確保作物種原永續保存與利用，自112年起建構次世代農林種原方舟，包含種原收集、保存、繁殖、備份及利用等。114年繁殖1,183品系，並檢測入庫前種子發芽率及含水率各1,000品系，持續提升種原品質，並備份150品系大豆至國家林木種子庫及320品系至斯瓦爾巴種子庫 (圖6–2)。新設2種低需冷性落葉果樹種原保存園，包含藍莓35品種系、李屬野生近緣種30品種系，收集371份落葉果樹物候資料。建立386份桃種原果實重要園藝性狀之外表型與基因型資料庫。參與式種原保存與教育推廣方面，辦理「從種原採集到保種方舟」研討會 (圖6–3)，並與TBIA臺灣生物多樣性資訊聯盟簽署合作備忘錄 (圖6–4)，製作2部種原保存教育推廣影片、1本種原繁殖專書及1份種原庫介紹折頁。以種原為核心，串連採集、保存、研究及育種之知識與實務，系統化的傳遞種原保存理念與繁殖採種技術，透過教材化與活動參與，強化大眾、保種人員及育種者對植物遺傳之理解與投入，逐步型塑具韌性的參與式種原保存模式。

圖6–2. 國家作物種原庫之種原備份至斯瓦爾巴種子庫備份保存 (圖片由NordGen提供)

圖6–3.「從種原採集到保種方舟」研討會

圖6–4. 農業試驗所與TBIA臺灣生物多樣性資訊聯盟簽署合作備忘錄

三 果樹種原保存與應用

蔡惠文、陳薪曉、高碧霜

嘉義分所保存熱帶及亞熱帶果樹種原，內容涵蓋鳳梨、柑橘、荔枝、龍眼、咖啡、香蕉、酪梨等主要經濟果樹作物，並收集多種具發展潛力之稀有果樹，共計47科117屬、近860品種 (系)，陸續引進新興果樹，增加種原多樣性，是果樹改良與育種的重要基礎，有助於產業因應氣候變遷及強化品種多樣性。另接受各機關、團體及學校參訪，以及推動食農教育活動，全年共約3,000人次，持續發揮研究推廣與教育示範功能。

鳳山分所收集12份熱帶果樹種原，包括愛玉1份 (圖6–5) 與無花果3份，並繁殖種原保存苗木150份，包括120株無花果扦插苗用於建立評估園區。完成非經濟果樹園區果樹種原等20筆基本資料與圖檔建立。接待巴西、日本京都大學、日本沖繩縣 (圖6–6)、太平洋友邦島國、泰國、馬來西亞等多國貴賓參訪種原區，進行種原交流接洽與合作研究事宜達6場次60人次。

圖6–5. 高產愛玉品種‘紅石9號’

圖6–6. 日本沖繩縣農林水產部與當地青農來訪

四 國家植物表型體分析系統建構與營運升級

(一) 國家植物表型體分析系統營運及相關設備升級情形

林思妤、李承彬、陳靜、林大鈞

以全面精進國家植物表型體分析系統之量測品質與跨場域應用能力為核心，完成分析作業、資安與設備的整體升級。首先，完成分析標準流程的建置 (圖6–7)，涵蓋影像擷取參數、校正、前處理與表型分析規範，並彙整為操作手冊，以確保分析資料的一致性及可追溯性。資訊面則導入多層級資安防護架構 (圖6–8)，包括物理網路防火牆、權限分級及自動化資料備援機制，大幅降低資料遺失與未授權存取等風險。同時已完成表型技術種子人員培訓，強化影像量

測、資料處理及系統維運能力，確保平台長期穩定運作。此外，亦完成輸送帶表型系統與高光譜鏡頭整合，使其具備更高生理與抗逆性狀解析能力。並推進無人機影像模組與手持式光達技術，以補強田間大尺度與近距離量測需求，擴大表型資料擷取的空間尺度與應用彈性。上開成果已使本所表型體分析平台在資料品質、操作一致性及技術廣度上均獲實質提升，為後續多體學整合與智慧育種應用奠定堅實根基。

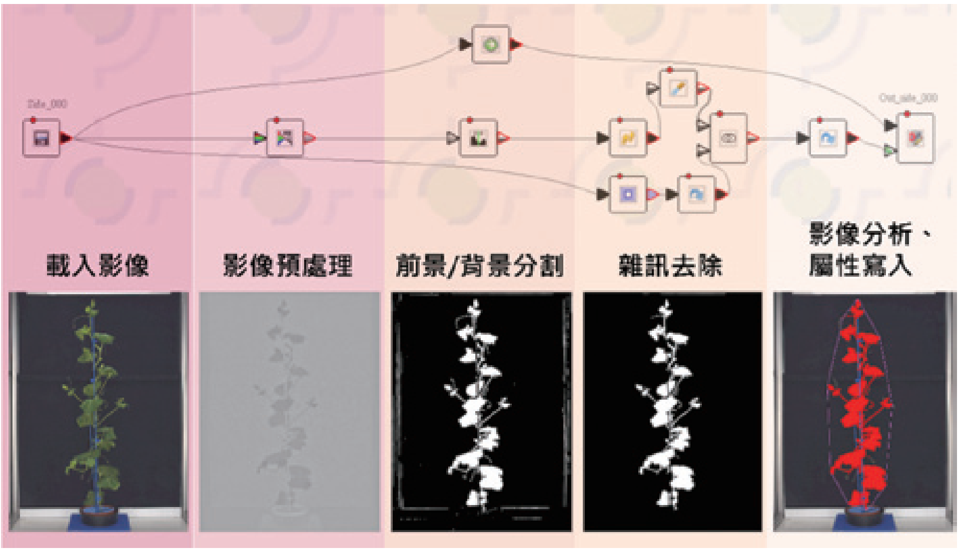

圖6–7. 建立標準化影像分析流程，包含影像擷取、影像處理、分析圖像及生成特徵參數等，以確保試驗量測精度與跨批次數據一致性

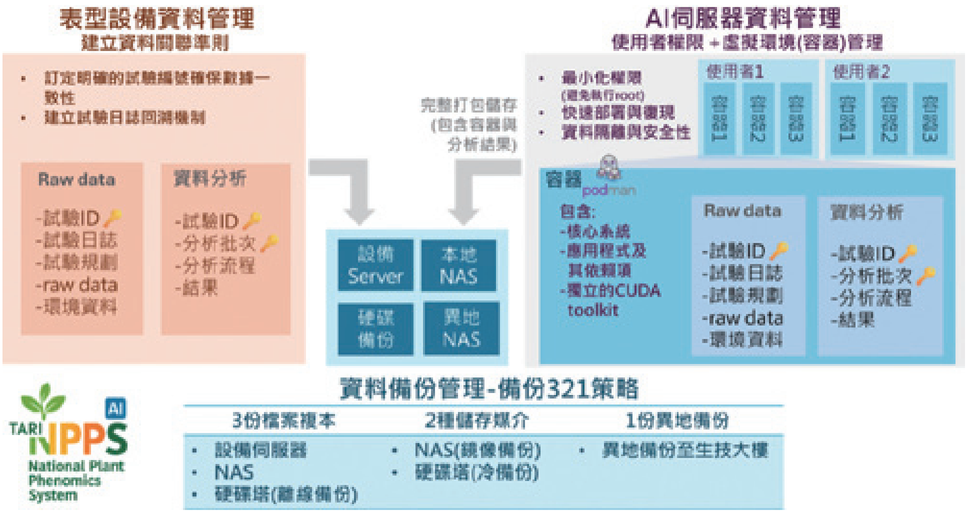

圖6–8. 國家植物表型體分析系統資料管理及備份策略

(二) 跨尺度植物表型技術開發

李承彬、林思妤、陳靜、林大鈞

高通量表型分析設備能快速取得大量宏觀性狀，如葉面積、冠層結構，若能再串聯微觀結構、器官形態及全株三維架構等多層級資訊，將可大幅提升對作物性狀的整體理解與解析能力。爰以甜瓜為例，建立從微觀到三維形態的一體化甜瓜表型技術，以提升性狀解析的深度與完整度。在微觀尺度方面，透過高倍率手持顯微鏡攝影系統，可在田間與溫室即時拍攝氣孔與毛狀體等微觀特徵 (圖6–9)，並建立穩定分析流程與葉表影像資料庫，作為後續自動辨識與量測之基礎。在全株與器官尺度方面，則建構多視角三維影像擷取系統 (圖6–10)，整合旋轉平台與多相機同步控制，可於1分鐘內完成拍攝單株高重疊率影像，並搭配自動化流程穩定取得高精度3D點雲。此三維資訊可用於量化葉片角度、大小與節間長度等關鍵特性，並支援後續3D結構分析與AI模型應用。上述成果可完善不同尺度間的量測銜接，達成跨尺度表型技術開發的核心目標，使作物性狀的呈現與解析更為完整，為後續育種與作物生理研究建立關鍵技術基礎。

五 作物導向之高通量自動化表型體技術研發與應用

(一) 毛豆、硬質玉米田間高通量自動化表型體分析技術之建立

李承彬、孫凭偉、曾清山、林思妤、陳靜、王怡雯、林大鈞

以荷蘭Phenospex FieldScan系統，成功建置毛豆與硬質玉米之田間高通量自動化影像與表型採集平台，建立跨季、跨物種可重複應用的高解析度表型量化流程。春作期間累積超過4,000筆以上田間三維影像與表型數據，涵蓋株高、生物量、冠層覆

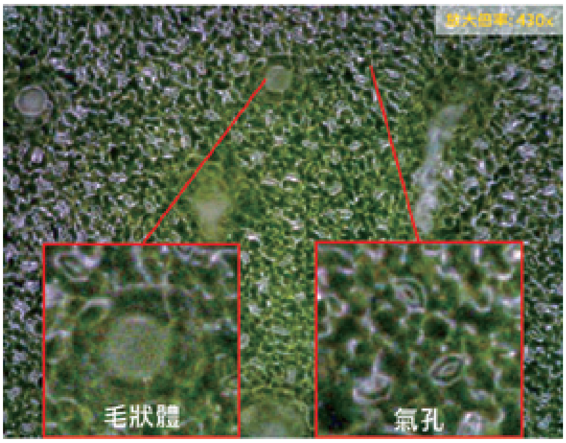

圖6–9. 以高倍率手持顯微鏡攝影系統量測甜瓜毛狀體及氣孔，補足宏觀表型與基因型間之微觀表現

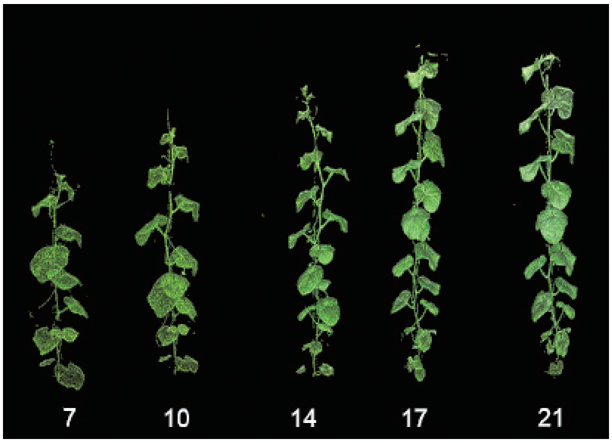

圖6–10. 以多視角三維影像擷取系統建立甜瓜不同生育時期之3D影像

蓋率、3D葉面積、體積、NDVI、PSRI、NPCI、GLI、Hue等20項影像轉換型數值參數，建立多維度高時序表型資料庫。現已完成3個硬質玉米自交系的自動化表型資料建置與人工調查對照，累積超過3,000筆結構化表型資料，並進行不同氮肥處理之ANOVA，以辨識氮肥利用關鍵表型，如Saturation、NDVI、GLI、PSRI等，並作為後續氮效率預測模型的核心特徵 (圖6–11)。另針對大豆完成15個品種於紅冠腐病接種與否的表型分析資料，熱像圖發現多項與病害顯著關聯之指標型表型，如voxel volume、3D leaf area、NDVI、NPCI、PSRI (圖6–12)。已完成高通量田間表型體平台技術建置、資料標準化與初階模型分析基礎，並建立可量化、可比對且高效率之自動化流程，為後續AI多體學整合與預測模型建構關鍵基礎。

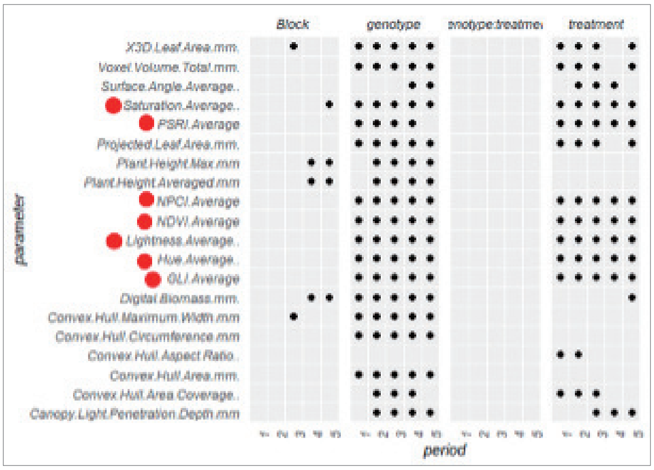

圖6–11. 不同品種 (系) 硬質玉米於氮肥處理表型體參數變方分析結果

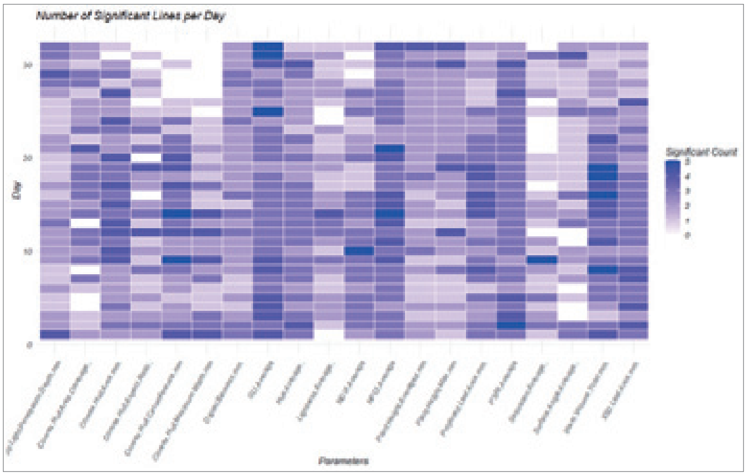

圖6–12. 15個商業大豆品系於紅冠腐病接種處理之顯著表型差異時序熱圖

(二) 輸送帶式表型體分析系統於甜瓜性狀量測之驗證

陳靜、林思好、李承彬、林大鈞

甜瓜為我國重要經濟作物，年產值逾11億元，育種主體跨越近10個公私部門，亟需高效率、可量化的表型體技術支援。本研究成功建立甜瓜高通量自動化表型體分析流程，涵蓋載台裝卸、栽培模式配置、自動澆灌條件、輸送帶運行參數及多光譜/3D拍攝設定等完整操作SOP，以確保能於植株整個生育期取得高解析度且穩定的一致性影像資料 (圖6–13)。在影像分析方面，則建構甜瓜影像處理與數據擷取流程，包括預處理、影像分割、雜訊過濾、特徵擷取、結構化特徵量計算及自動屬性寫入，可快速擷取超

過100項以上的高通量表型參數，涵蓋葉面積、株高、冠層結構、色彩與光譜指標等核心生長特徵。為驗證系統準確度，續以傳統破壞性量測進行比對。結果顯示，影像自動化量測所得之葉面積、株高、鮮重等主要表型與破壞性測量間具極高相關性 (r > 0.95；圖6–14)，證實本所輸送帶式甜瓜表型體系統已具備研究級之資料穩定度、量測精準度及跨期一致性等標準，為後續甜瓜性狀解析與育種加速奠定基礎。

圖6–13. 以輸送帶式高通量表型體分析系統量測甜瓜性狀

(三) 建立水稻溫室自動化軌道式高通量耐旱表型分析技術

王怡雯、李承彬、林大鈞

水稻為主要糧食作物之一，但氣候變遷所引發的水資源短缺對其生產造成嚴重威脅。本研究選用耐旱 (鹽) 品種N22、Dular、Pokkali與感性品種IR64、TNG67，於溫室環境，進行斷水與供水處理，並利用軌道式高通量表型分析系統 (Phenospex PlantEye F500) 評估其生長對缺水逆境的反應，以建立水稻耐旱表型指標。結果顯示，N22與Pokkali於斷水與復水後數位生物量、株高、NDVI與綠度恢復最快；而Dular則僅有輕微變化，顯示其在乾旱下具較強穩定性。因此，推測各耐旱品種之耐旱特性可能由不同的耐旱生理機制所調控，相較之下，

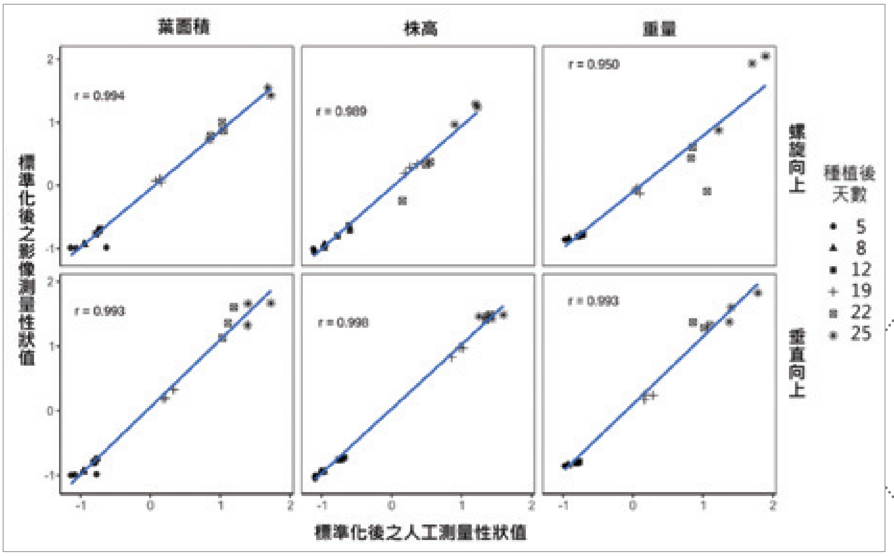

圖6–14. 輸送帶式高通量表型體分析系統量測參數與傳統人工量測參數之相關性

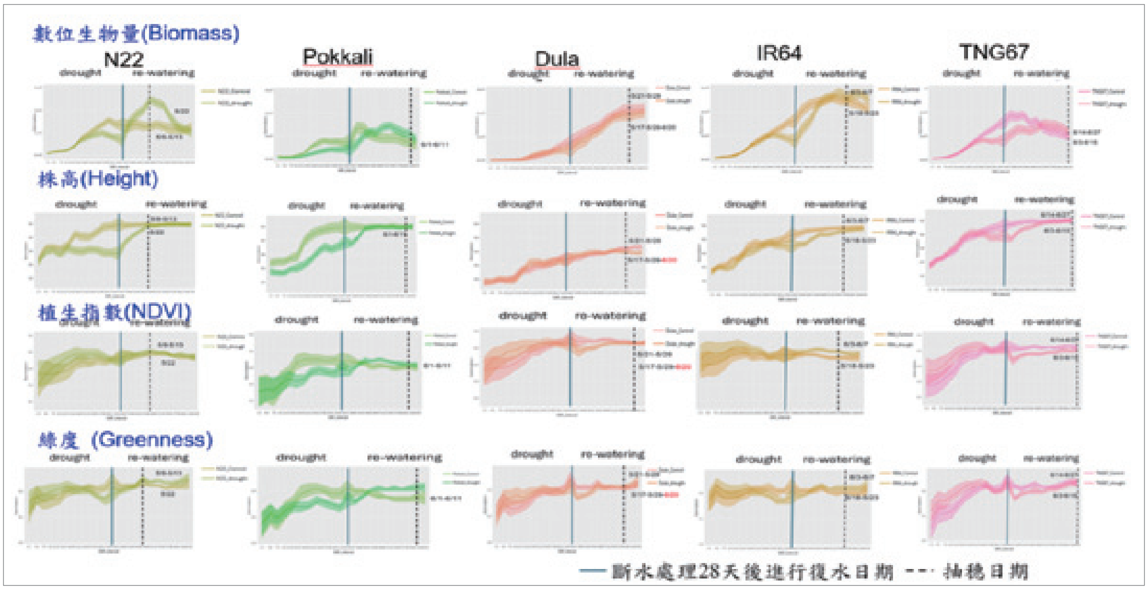

圖6–15. 水稻耐旱自動化表型掃描數據與生長動態分析

感性品種IR64與TNG67恢復速度較遲緩 (圖6–15)。整體而言，數位生物量、株高、葉面積指數與NDVI能區分耐旱與感性品種之耐旱生理指標，並顯示高通量表型平台可有效評估水稻乾旱與復水過程中的生理反應差異，並作為後續進行耐旱篩選的重要依據。

六 應用數位育種策略於番茄抗黃化捲葉病篩選

杜元凱、康樂

利用抗、感黃化捲葉病番茄親本建構178個番茄重組自交系 (recombinant inbred lines, RILs) $F_{6:7}$族群 (圖6–16)，該族群首先進行簡化基因體定序取得單核苷酸多型性 (single nucleotide polymorphisms, SNPs) 分子標誌，隨後進行番茄黃化捲葉泰國病毒 (tomato yellow leaf curl Thailand virus, TYLCTHV) 接種與抗、感性評估。每RIL品系至少3重複，種子播種於穴盤後置於溫室，保持介質濕度並避光，至6–8片完全展開葉階段，以物理性方式接種黃化捲葉病毒，並採隨機完全區組設計 (randomized complete block design, RCBD)，定植於溫室。接種後每7 d進行生長勢、葉片數、葉片顏色及萎凋程度之觀察與記錄，判別個別RIL品系為抗、感特性。RILs族群之抗、感特性經量化評估後，抗病數據與以建立之基因型數據透過開源R/qtl software進行QTL定位。在連續3季度QTL mapping分析結果均顯示，在1號染色體存在1主效QTL，對於抗病能力的解釋變異量分別為22.7%、19.6%、27.6% (表6–1)。

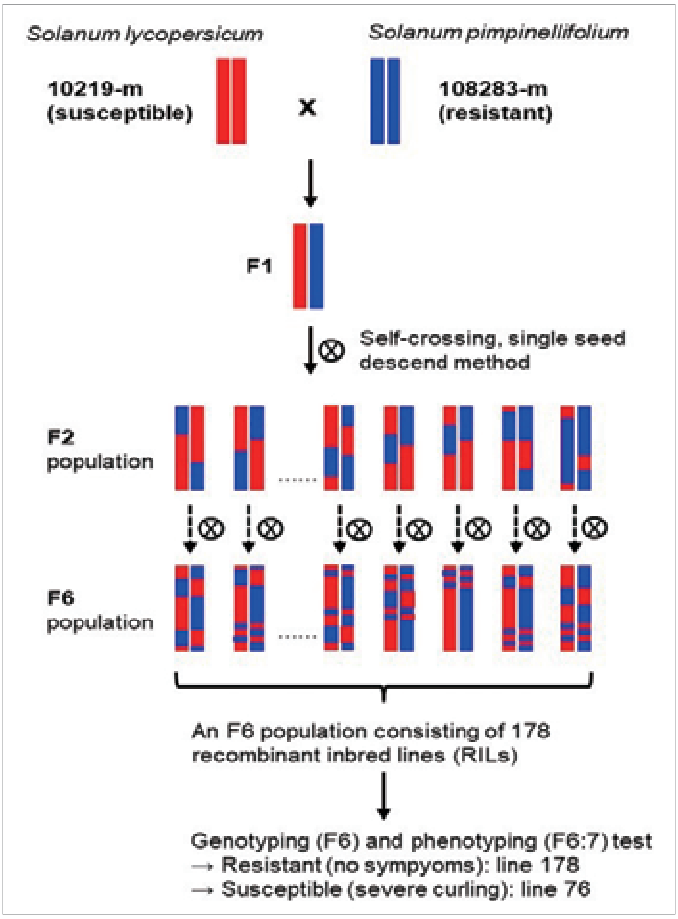

圖6–16. 178個番茄重組自交系 (recombinant inbred lines, RILs) $F_{6:7}$族群

表6–1. 連續3季度QTL mapping分析結果

抗、感調查	第1次	第2次	第3次
QTL數量	1	1	1
可解釋變異量	22.66%	19.59%	27.58%
QTL 最高LOD	7.92	8.00	11.84
QTL 所在染色體編號	Ch01	Ch01	Ch01